

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002239773 A**

(43) Date of publication of application: **28.08.02**

(51) Int. Cl.

B23K 26/06

G02B 27/09

H01S 5/00

(21) Application number: **2001373515**

(22) Date of filing: **07.12.01**

(30) Priority: **11.12.00 JP 2000375699**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

(72) Inventor: **FUNEMI KOJI**

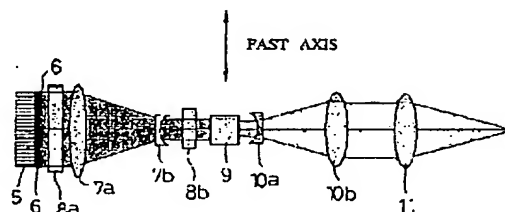
(54) DEVICE AND METHOD FOR SEMICONDUCTOR LASER BEAM MACHINING

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser beam machining device which has an asymmetrical laser beam characteristics and condenses a laser beam emitted from a semiconductor laser beam array stack into a fine symmetrical spot.

SOLUTION: A collimated laser beam is divided into a plurality of laser beams by using a multibeam circulator 9, and respective divided laser beams are turned by 90 degrees and condensed to fine spots with a condensing optical system 11.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-239773
(P2002-239773A)

(43) 公開日 平成14年8月28日 (2002.8.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
B 2 3 K 26/06		B 2 3 K 26/06	E 4 E 0 6 8 Z 5 F 0 7 3
G 0 2 B 27/09		H 0 1 S 5/00	
H 0 1 S 5/00		G 0 2 B 27/00	E

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)

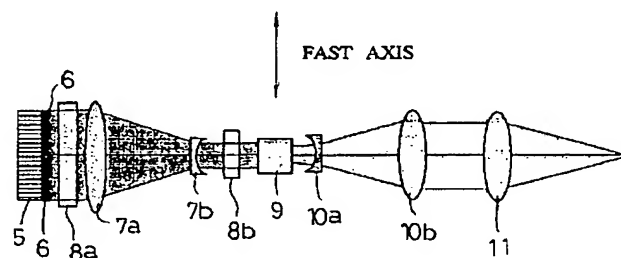
(21) 出願番号	特願2001-373515 (P2001-373515)	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成13年12月7日 (2001.12.7)	(72) 発明者	船見 浩司 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2000-375699 (P2000-375699)	(74) 代理人	100080827 弁理士 石原 勝
(32) 優先日	平成12年12月11日 (2000.12.11)	Fターム (参考)	4E068 CA01 CA05 CB08 CD02 CD03 CD05 CD08 CD09 CD13 CK01 5F073 AB27 BA09 EA18 EA29
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 半導体レーザー加工装置および半導体レーザー加工方法

(57) 【要約】

【課題】 非対称なレーザービーム特性を持つ、半導体レーザーアレイスタックからでるレーザービームを、対称的な微小スポットに集光する半導体レーザー加工装置を提供する。

【解決手段】 マルチビームサーキュレータ9を用いて、コリメートされたレーザービームを複数個に分割し、かつ、分割された各々のレーザービームを90度回転させた後、集光光学系11で集光することにより、微小スポットに絞る。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体レーザーアレイを、そのエミッタ配列方向であるスローアキシス方向に対し直交するファーストアキシス方向に積層して形成される半導体レーザーアレイスタックと、

各々の半導体レーザーアレイから発振されるレーザービームを、そのファーストアキシス方向成分を概略平行ビームにコリメートするファーストコリメート光学系と、このコリメートされた各々のレーザービームからなるレーザービーム群のファーストアキシス方向のレーザービーム径を縮小すると共にそのレーザービーム拡がり角を大きくする縮小シリンドリカルコリメータ光学系と、前記レーザービーム群のスローアキシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする第 1 拡大シリンドリカルコリメータ光学系と、

前記光学系より出射したレーザービームを、スローアキシス方向に分割し、分割された各々のレーザービームを概略 90 度回転させるマルチビームサーキュレータと、このマルチビームサーキュレータより出射したレーザービームのファーストアキシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする第 2 拡大シリンドリカルコリメータ光学系と、前記第 2 拡大シリンドリカルコリメータ光学系より出射したレーザービームを集光する集光光学系とを備えたことを特徴とする半導体レーザー加工装置。

【請求項 2】 半導体レーザーアレイを、そのエミッタ配列方向であるスローアキシス方向に対し直交するファーストアキシス方向に積層して形成される半導体レーザーアレイスタックと、

各々の半導体レーザーアレイから発振されるレーザービームを、そのファーストアキシス方向成分を概略平行ビームにコリメートするファーストコリメート光学系と、各々の半導体レーザーアレイから発振されるレーザービームを、そのスローアキシス方向成分のレーザービーム拡がり角を低減するスローコリメート光学系と、このコリメートされた各々のレーザービームからなるレーザービーム群のファーストアキシス方向のレーザービーム径を縮小すると共にそのレーザービーム拡がり角を大きくする縮小シリンドリカルコリメータ光学系と、前記レーザービーム群のスローアキシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする第 1 拡大シリンドリカルコリメータ光学系と、

前記光学系より出射したレーザービームを、スローアキシス方向に分割し、分割された各々のレーザービームを概略 90 度回転させるマルチビームサーキュレータと、このマルチビームサーキュレータより出射したレーザービームのファーストアキシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくす

る第 2 拡大シリンドリカルコリメータ光学系と、前記第 2 拡大シリンドリカルコリメータ光学系より出射したレーザービームを集光する集光光学系とを備えたことを特徴とする半導体レーザー加工装置。

【請求項 3】 マルチビームサーキュレータは、プリズムを複数個並列に配置したマルチプリズムからなるものである請求項 1 または 2 記載の半導体レーザー加工装置。

【請求項 4】 プリズムは、入射レーザービームを屈折させる面と、プリズムに入射して屈折されたレーザービームをプリズム内部で全反射する面と、その全反射したレーザービームを屈折させてプリズムの外部へ透過させる面とを備えたものである請求項 3 記載の半導体レーザー加工装置。

【請求項 5】 入射レーザービームを屈折させる面とプリズム内部で全反射する面とのなす角と、プリズム内部で全反射する面とプリズムの外部へ透過させる面とのなす角とが、概略同じである請求項 4 記載の半導体レーザー加工装置。

【請求項 6】 半導体レーザーアレイをそのエミッタ配列方向であるスローアキシス方向に対し直交するファーストアキシス方向に積層して、そこから発振されるレーザービームをそのファーストアキシス方向成分について概略平行ビームにコリメートする工程と、このコリメートされた各々のレーザービームを、そのファーストアキシス方向のレーザービーム径を縮小すると共にそのレーザービーム拡がり角を大きくする一方、そのスローアキシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする工程と、次いでレーザービームをスローアキシス方向に分割し、更に、分割された各々のレーザービームを概略 90 度回転させる工程と、ファーストアキシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする工程と、次いでレーザービームを集光する工程とを有することを特徴とする半導体レーザー加工方法。

【請求項 7】 半導体レーザーアレイをそのエミッタ配列方向であるスローアキシス方向に対し直交するファーストアキシス方向に積層して、そこから発振されるレーザービームをそのファーストアキシス方向成分について概略平行ビームにコリメートする工程と、前記レーザービームをそのスローアキシス方向成分についてビーム拡がり角を低減する工程と、このコリメートされ、ビーム拡がり角を低減された各々のレーザービームを、そのファーストアキシス方向のレーザービーム径を縮小すると共にそのレーザービーム拡がり角を大きくする一方、そのスローアキシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする工程と、次いでレーザービームをスローアキシス方向に分割し、更に、分割された各々のレーザービームを概略 90 度回転させる工程と、ファーストアキシス方向のレーザービ

ーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする工程と、次いでレーザービームを集光する工程とを有することを特徴とする半導体レーザー加工方法。

【請求項 8】 半導体レーザーアレイを、そのエミッタ配列方向であるスローアキシス方向に対し直交するファーストアキシス方向に積層して形成される半導体レーザーアレイスタックと、
各々の半導体レーザーアレイから発振されるレーザービームを、そのファーストアキシス方向成分を概略平行ビームにコリメートするコリメート光学系と、
このコリメートされた各々のレーザービームからなるレーザービーム群を、そのスローアキシス方向に分割し、そのスローアキシス方向の直進性の低いレーザービーム成分を 90 度偏向させてファーストアキシス方向のレーザービーム成分と合成するマルチカライドスコープと、
このマルチカライドスコープより出射したレーザービームを集光する集光光学系とを備えたことを特徴とする半導体レーザー加工装置。

【請求項 9】 マルチカライドスコープは、長方形断面を持った角柱形状のガラス基板を複数個並べ、これらガラス基板を、その入射面がファーストアキシスとスローアキシスとのなす面に平行で、スローアキシスに対し 45 度傾斜して配置されたものである請求項 8 記載の半導体レーザー加工装置。

【請求項 10】 半導体レーザーアレイをそのエミッタ配列方向であるスローアキシス方向に対し直交するファーストアキシス方向に積層して、そこから発振されるレーザービームをそのファーストアキシス方向成分について概略平行ビームにコリメートする工程と、このコリメートされた各々のレーザービームを、そのスローアキシス方向に分割し、更に、そのスローアキシス方向の直進性の低いレーザービーム成分を 90 度偏向させてファーストアキシス方向のレーザービーム成分と合成する工程と、次いでレーザービームを集光する工程とを有することを特徴とする半導体レーザー加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、1 次元配列の半導体レーザーアレイを積層して形成される 2 次元配列の半導体レーザーアレイスタックにおいて、その半導体レーザーアレイスタックから発振されるレーザービームを、微小スポットに集光するための集光光学系を備えた半導体レーザー加工装置および半導体レーザー加工方法に関するものである。

【0002】

【従来技術】 1 次元配列の半導体レーザーアレイ 1 は、図 1 に示す様な形態をしており、主として、半導体レーザーアレイチップ 2 とヒートシンク 3 から構成されている。

【0003】 半導体レーザーアレイチップ 2 は、半導体レーザーエミッタ 4 が一定のピッチで複数個、直線状に並べられている。例えば、この半導体レーザーエミッタ 4 は、その厚さは約 $1\mu\text{m}$ と狭く、逆に、その幅は約 $100\mu\text{m}$ と広がっている。更に、その半導体レーザーエミッタ 4 は、約 $200\mu\text{m}$ のピッチで、その幅方向に、約 50 個並んでいる。そのため、半導体レーザーアレイチップ 2 の幅寸法は、約 10mm となっている。半導体レーザーエミッタ 4 からのレーザー出力が 1W の場合、それが 50 個あれば、 50W のレーザー出力となる。

【0004】 ヒートシンク 3 は、半導体レーザーアレイチップ 2 からの発熱を放熱させるためのものであり、水冷、又は空冷構造となっており、その厚みは約 2mm である。

【0005】 半導体レーザーエミッタ 4 から出るレーザービーム拡がり角（全角）は、その厚さ方向に対して約 35° 、幅方向に対して約 10° となっている。また、レーザー発振出口のレーザービーム径は、半導体レーザーエミッタ 4 の活性層サイズに相当するため、厚さ方向が $1\mu\text{m}$ 、幅方向が $100\mu\text{m}$ となる。

【0006】 この半導体レーザーエミッタ 4 を複数個合わせた半導体レーザーアレイチップ 2 においては、複数個の半導体レーザーエミッタ 4 がその幅方向に一直線上に並んでいるため、そのレーザービーム拡がり角は、個々のその半導体レーザーエミッタ 4 の場合と同じとなり、厚さ方向に対して約 35° 、幅方向に対して約 10° となる。但し、出口のレーザービーム径は、厚さ方向が $1\mu\text{m}$ であるが、幅方向は 10mm となる。

【0007】 更に、図 2 に示すように、1 次元配列の半導体レーザーアレイ 1 をその厚さ方向に積層したものが、半導体レーザーアレイスタック 5 である。例えば、20 個の半導体レーザーアレイ 1 を積層すれば、約 1kW のレーザー出力が得られる（ $50\text{W} \times 20$ 個）。そのときの、半導体レーザーアレイスタック 5 からのレーザービーム径（レーザー発光面）は、厚さ方向で 40mm （半導体レーザーアレイ 1 の厚み $2\text{mm} \times 20$ 個）、幅方向で 10mm となる。また、レーザービーム拡がり角が、半導体レーザーアレイ 1 の場合と同じで、厚さ方向に対して約 35° 、幅方向に対して約 10° となる。

【0008】 一般に、上述してきた、半導体レーザーエミッタ 4 に対して、その厚さ方向の光軸をファーストアキシス（FAST AXIS）、逆に、その幅方向の光軸をスローアキシス（SLOW AXIS）と呼んでいる。

【0009】 このように、 1kW オーダの高出力が得られる半導体レーザーアレイスタック 5 を、レーザー加工にダイレクトに使っていくためには、その半導体レーザーアレイスタック 5 から出るレーザービームを微小スポットに絞る必要がある。そのためには、レーザービーム

の拡がり角の改善が必要である。

【0010】一般に、ファーストアクシスにおいては、レーザービーム拡がり角 (θ_1) が約35度とかなり大きいために、図3(a)(b)に示す様に1直線状の半導体レーザーアレイチップ2の前方に、コリメートレンズ(ファーストコリメートレンズ)6を取付けて、ファーストアクシスのレーザービームの拡がり角の低減を図っている。例えば、コリメートレンズ6として、球面シリンドリカルレンズ、非球面シリンドリカルレンズなどが用いられている。例えば、このコリメートレンズ6を使用することにより、ファーストアクシス側のレーザービーム拡がり角 (θ_2) が、約35度から0.24度(4mrad)に改善できる。

【0011】一方、スローアクシス方向においては、基本的に、レーザービームの発光源が10mm幅のライン状になっているため、そのビーム拡がり角を容易に低減することはできず、上述したように、約10度(175mrad)のビーム拡がり角が生じている。

【0012】つまり、コリメートレンズ6付の半導体レーザーアレイスタック5から出るレーザービームの拡がり角は、ファーストアクシスで4mrad、スローアクシスで175mradとアンバランスになっている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、半導体レーザーアレイスタック5から出るレーザービームの拡がり角は、半導体レーザーエミッタ4自身の構造、ひいては、半導体レーザーアレイ1、半導体レーザーアレイスタック5の構造が原因で、レーザービームの拡がり角が大きく、かつ、アンバランスが生じている。コリメートレンズ6を用いて、多少は、改善されるが、現状では、レーザービーム拡がり角は、ファーストアクシスで4mrad、スローアクシスで175mradのアンバランスが生じている。また、基本的に、半導体レーザーエミッタ4が2次的に配列されているため、レーザービームの発光面も、多点であり、面積的にも大きくなっている。例えば、1kWのレーザー出力(半導体レーザーエミッタ4が50×20個の半導体レーザーアレイスタック)では、10mm×40mmの発光面となっている。

【0014】そのため、通常の球面レンズで集光するだけであるならば、その集光レンズでのスポット径も、レーザービーム拡がり角の値に比例した形状となる。例えば、焦点距離50mmの集光レンズで集光したときのスポット形は、ファーストアクシスで0.2mm(50mm×4mrad)、スローアクシスで8.75mm(50mm×175mrad)となる。

【0015】このようなライン状のスポット径は、その方向性に制限されるため、取扱いが非常に面倒となり、対称的なスポット径が望まれている。また、現時点では、微小スポット径に絞ることができないため、微細レ

ーザー加工にも不適當である。

【0016】この課題を解決するために、スローアクシス側に、シリンドリカルコリメータを用いて、レーザービームの品質(拡がり角)を改善する方法があるが、光学系が非常に大きくなってしまいうという欠点がある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するため、半導体レーザーアレイを、そのエミッタ配列方向であるスローアクシス方向に対し直交するファーストアクシス方向に積層して形成される半導体レーザーアレイスタックと、各々の半導体レーザーアレイから発振されるレーザービームを、そのファーストアクシス方向成分を概略平行ビームにコリメートするファーストコリメート光学系と、このコリメートされた各々のレーザービームからなるレーザービーム群のファーストアクシス方向のレーザービーム径を縮小すると共にそのレーザービーム拡がり角を大きくする縮小シリンドリカルコリメータ光学系と、前記レーザービーム群のスローアクシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする第1拡大シリンドリカルコリメータ光学系と、前記光学系より出射したレーザービームを、スローアクシス方向に分割し、分割された各々のレーザービームを概略90度回転させるマルチビームサーキュレータと、このマルチビームサーキュレータより出射したレーザービームのファーストアクシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする第2拡大シリンドリカルコリメータ光学系と、前記光学系より出射したレーザービームを集光する集光光学系とを備えたことを特徴とする。

【0018】また本発明は上記課題を解決するため、半導体レーザーアレイを、そのエミッタ配列方向であるスローアクシス方向に対し直交するファーストアクシス方向に積層して形成される半導体レーザーアレイスタックと、各々の半導体レーザーアレイから発振されるレーザービームを、そのファーストアクシス方向成分を概略平行ビームにコリメートするファーストコリメート光学系と、各々の半導体レーザーアレイから発振されるレーザービームを、そのスローアクシス方向成分のレーザービーム拡がり角を低減するスローコリメート光学系と、このコリメートされた各々のレーザービームからなるレーザービーム群のファーストアクシス方向のレーザービーム径を縮小すると共にそのレーザービーム拡がり角を大きくする縮小シリンドリカルコリメータ光学系と、前記レーザービーム群のスローアクシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする第1拡大シリンドリカルコリメータ光学系と、前記光学系より出射したレーザービームを、スローアクシス方向に分割し、分割された各々のレーザービームを概略90度回転させるマルチビームサーキュレータと、このマルチビームサーキュレータより出射したレーザー

ビームのファーストアクシス方向のレーザービーム径を拡大すると共にそのレーザービーム拡がり角を小さくする第2拡大シリンドリカルコリメータ光学系と、前記第2拡大シリンドリカルコリメータ光学系より出射したレーザービームを集光する集光光学系とを備えたことを特徴とする。

【0019】また本発明は上記課題を解決するため、半導体レーザーアレイを、そのエミッタ配列方向であるスローアクシス方向に対し直交するファーストアクシス方向に積層して形成される半導体レーザーアレイスタックと、各々の半導体レーザーアレイから発振されるレーザービームを、そのファーストアクシス方向成分を概略平行ビームにコリメートするコリメート光学系と、このコリメートされた各々のレーザービームからなるレーザービーム群を、そのスローアクシス方向に分割し、そのスローアクシス方向の直進性の低いレーザービーム成分を90度偏向させてファーストアクシス方向のレーザービーム成分と合成するマルチカライドスコープと、このマルチカライドスコープより出射したレーザービームを集光する集光光学系とを備えたことを特徴とする。

【0020】上記各発明によれば、装置の大型化を招かないで、対照的かつ微小なスポット径(0.6mm×0.6mm程度まで可能。)のスポットにレーザービームを集光することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下に、本発明を、図面を参照しながら具体的に説明する。図4、図5は、本発明の第1実施例を示し、図4は、ファーストアクシス方向、図5は、スローアクシス方向に対する光学系のレイアウトを示している。

【0022】図4、図5において、5は半導体レーザーアレイスタック、6はコリメートレンズ(ファーストコリメートレンズ)、7a・7bはファーストアクシス方向の縮小シリンドリカルコリメータ、8a・8bはスローアクシス方向の第1拡大シリンドリカルコリメータ、9はマルチビームサーキュレータ、10a・10bはファーストアクシス方向の第2拡大シリンドリカルコリメータ、11は集光レンズである。

【0023】次に、具体的に、数値を示しながら、図4、図5で示した集光光学系の機能について説明をする。

【0024】本実施例において、半導体レーザーアレイスタック5は、1kWのレーザー出力を有しており、従来例で述べたように、50個の半導体レーザーエミッタ4からなる半導体レーザーアレイスタック5を搭載した半導体レーザーアレイ1が、その厚み方向に20個積層されている。

【0025】従来例で述べたように、この半導体レーザーアレイスタック5から出るレーザービームの拡がり角(全角)は、ファーストアクシス方向に35度、スロー

アクシス方向に10度となっている。また、レーザービームの発光面、つまり、出口でのレーザービーム径は、ファーストアクシス方向に40mm、スローアクシス方向に10mmとなっている。

【0026】この20個の半導体レーザーアレイ1に搭載されている半導体レーザーエミッタ4の前方には、それぞれ、コリメートレンズ6が取付けられている。図6には、1個の半導体レーザーアレイ1と、それに搭載されているコリメートレンズ6の側面図を示している。図6において、2は半導体レーザーアレイチップ、3はヒートシンク、12は半導体レーザーアレイチップ2から出たレーザービームである。

【0027】このコリメートレンズ6により、ファーストアクシス方向に拡がっていくレーザービームを、概略平行ビームにすることができる。その結果、ファーストアクシス方向のビーム拡がり角(全角)は、35度から0.24度(4mrad)に改善される。一方、スローアクシス方向のビーム拡がり角(全角)は、10度、つまり175mradとなっている。

【0028】次に、ファーストアクシス方向レーザービームを、縮小シリンドリカルコリメータ7a・7bにより、1/3に縮小すると、その拡がり角(全角)は3倍、つまり、12mradとなる。一方、レーザービーム径は1/3、つまり13.33mmとなる。

【0029】スローアクシス方向レーザービームについては、第1拡大シリンドリカルコリメータ8a・8bにより、5倍に拡大すると、その拡がり角(全角)は1/5倍、つまり35mradとなる。一方、レーザービーム径は5倍、つまり50mmとなる。

【0030】次に、これらの光学系を通ってきたレーザービームに対して、スローアクシス方向に、そのレーザービームを複数個(例えば、10個)に分割する。更に分割された各々のレーザービームを90度回転させる。本発明においては、レーザービームを分割し、かつ、分割された各々のレーザービームを90度回転させる機能を有する部材を、マルチビームサーキュレータ9と呼んでいる。マクロ的にみると、このマルチビームサーキュレータ9により、ファーストアクシスとスローアクシスのレーザービームの拡がり角が入れ替わる。

【0031】そのため、マルチビームサーキュレータ9を通ってきたレーザービームのファーストアクシス方向のビーム径は13.33mm、拡がり角は35mradとなり、スローアクシス方向のビーム径は50mm、拡がり角は12mradとなる。

【0032】次に、ファーストアクシス方向の第2拡大シリンドリカルコリメータ10a・10bにより、レーザービームはファーストアクシス方向にだけ、3倍に拡大される。そのため、ファーストアクシス方向のビーム径は40mm、拡がり角は12mradとなる。

【0033】そして、最後に、集光レンズ11により、

レーザービームが集光される。例えば、集光レンズ 11 の焦点距離が 50 mm のとき、集光スポット径は、0.6 mm × 0.6 mm となる。

【0034】このように、本発明によると、集光スポット径は、0.6 mm × 0.6 mm といった対称的なスポット径を得ることができる。更には、径 0.6 mm という大きさまで、集光することができる。

【0035】次に、マルチビームサーキュレータ 9 の 1 例について、プリズム 14 を用いた方式を例に挙げて、図 7 以降の図面を参照しながら述べる。

【0036】図 7 はプリズム 14 の側面図、図 8 はプリズム 14 の上面図である。本実施例において、プリズムは 6 面体をなしており、それぞれの面を A、B、C、D、E、F とする。面 B と面 D、面 E と面 F とは、それぞれ、平行な面である。また、面 A と面 B とのなす角 α と、面 B と面 C とのなす角 β とは、等しい。

【0037】次に、このプリズム 14 の機能を、図 9 を用いて説明する。レーザービーム 15 は、プリズム 14 の入射面 A から入射するとき、その入射面 A で屈折する。その屈折角度は、プリズム 14 の屈折率に依存している。更に、入射してきたレーザービーム 15 は、プリズム 14 の全反射面 B で全反射する。その後、レーザービーム 16 は、プリズム 14 の透過面 C を透過して、プリズム 14 の外部（大気中）に、屈折されたレーザービーム 17 が出ていく。

【0038】本実施例では、面 A と面 B とのなす角 α と、面 B と面 C とのなす角 β とが等しいため、プリズム 14 への入射レーザービーム 15 と出射レーザービーム 17 とは平行ビームとなる。また、面 A と面 B とのなす角 α （又は、面 B と面 C とのなす角 β ）と、全反射面 B の長さなどを最適に設定することにより、プリズム 14 への入射レーザービーム 15 と出射レーザービーム 17 とを、同一光軸上にすることができる。

【0039】次に、図 10 で示した、入射レーザービーム 15 の像は、プリズム 14 内部で全反射されるため、図面上で、上下反転した出射レーザービーム 17 として出てくる。具体的には、入射レーザービーム 15 の上方向の矢印像が、出射レーザービーム 17 では下向きの像となる。つまり、像は、180 度回転する。

【0040】また、図 11 に示したように、プリズム 14 への入射レーザービーム 15 の像が 45 度傾いているとき、その出射レーザービーム 17 の像は、入射レーザービーム 15 の像に対して、90 度回転する。逆に、入射レーザービーム 15 に対して、プリズム 14 を 45 度傾けることにより、プリズム 14 から出る出射レーザービーム 17 を 90 度回転させることができる。

【0041】図 12 は、このプリズム 14 を多数並べた例である。本実施例では、5 個のプリズム 14 を、ずらせながら、設置している。この集合したマルチプリズム 18 に対して、図 12 (a) に示すように、入射レーザ

ービーム 15 を 45 度傾けることにより、出射レーザービーム 17 を入射レーザービーム 15 に対して 90 度回転させることができる。

【0042】従って、マルチビームサーキュレータ 9 として、マルチプリズム 18 を、図 12 (a) に示すように配置することにより、直交している、ファーストアクシスとスローアクシスとのレーザービーム成分を、図 12 (b) に示すように、入れ替えることができる。なお、マルチプリズム 18 は、各プリズム 14 の全反射面 B がファーストアクシスとスローアクシスとがなす面に直交すると共に、ファーストアクシスおよびスローアクシスの両者にそれぞれ 45° で交差するように配置されている。

【0043】次に本発明の第 2 実施例を、図 13、図 14 を参照しながら説明する。

【0044】半導体レーザーアレイスタック 5 から出たレーザービームは、コリメートレンズ 6 で、概略平行なレーザービームとなり、マルチカライドスコープ 19 を用いて、ファーストアクシス方向のレーザービームはそのまま直進させ、一方、スローアクシス方向においては、その方向にレーザービームを複数個に分割し、更に、そのスローアクシス方向のレーザービーム成分の直進性が高いレーザービーム成分を直進させ、直進性の低いレーザービーム成分を 90 度偏向させ、ファーストアクシス方向のレーザービーム成分と合成させる。

【0045】マルチカライドスコープ 19 から出たレーザービームは、スローアクシス方向の品質が上がり、逆に、ファーストアクシス方向の品質が低下し、トータルの品質が近づくため、集光レンズ 11 でそのレーザービームを集光させると、対称的で微小な集光スポット径が得られる。

【0046】次に、上記で示したマルチカライドスコープ 19 の機能について、図 15 を参照しながら説明をする。図 15 は、マルチカライドスコープ 19 の光軸方向の断面図であり、長方形の断面形状をした角柱のガラス基板 20 が、複数個並列に並んでいる。さらに、これらガラス基板 20 は、その入射面がそれぞれ、ファーストアクシスとスローアクシスとのなす面と平行で、スローアクシスに対して 45 度傾いて配置されている。つまり、本図において、図面上で、縦軸方向がファーストアクシス方向、横軸方向がスローアクシス方向となっている。

【0047】図 16 に示すように、ファーストアクシス方向のレーザービーム成分は、レーザービーム拡がり角が小さくビームの直進性が高いため、このマルチカライドスコープ 19 をそのまま直進し、通過していく。

【0048】一方、図 17 に示すように、スローアクシス方向のレーザービーム成分は、ある程度のビーム拡がり角を持っている。そのため、そのレーザービーム成分

の直進性の高いレーザービームは、このマルチカライドスコープ19をそのまま直進し、通過していくが、直進性の悪いレーザービームは、各々のガラス基板20の側面で反射され、レーザービームが90度方向を曲げられる。その方向は、ファーストアクシス方向となる。

【0049】つまり、このマルチカライドスコープ19から出るレーザービームのファーストアクシス成分は、マルチカライドスコープ19に入るレーザービームのファーストアクシス成分と、マルチカライドスコープ19に入るレーザービームのスローアクシス成分の直進性が悪い成分との合成ビームとなる。一方、このマルチカライドスコープ19から出るレーザービームのスローアクシス成分は、マルチカライドスコープ19に入るレーザービームのスローアクシス成分の直進性が良い成分だけとなる。

【0050】次に本発明の第3実施例を、図18、図19、図20および第1実施例の説明に用いた各図を参照しながら説明する。

【0051】図18、図19において、5は半導体レーザーアレイスタック、6はファーストコリメートレンズ、33はスローコリメートレンズ、7a・7bはファーストアクシス方向の縮小シリンドリカルコリメータ、8a・8bはスローアクシス方向の第1拡大シリンドリカルコリメータ、9はマルチビームサーキュレータ、10a・10bはファーストアクシス方向の第2拡大シリンドリカルコリメータ、11は集光レンズである。

【0052】次に、具体的に、数値を示しながら、図18、図19で示した集光光学系の機能について説明をする。

【0053】本実施例において、半導体レーザーアレイスタック5（図3参照）は、1kWのレーザー出力を有しており、従来例で述べたように、50個の半導体レーザーエミッタ4からなる半導体レーザーアレイスタック5を搭載した半導体レーザーアレイ1が、その厚み方向に20個積層されている。

【0054】従来例で述べたように、この半導体レーザーアレイスタック5から出るレーザービームの拡がり角（全角）は、ファーストアクシス方向に35度、スローアクシス方向に10度となっている。また、レーザービームの発光面、つまり、出口でのレーザービーム径は、ファーストアクシス方向に40mm、スローアクシス方向に10mmとなっている。

【0055】この20個の半導体レーザーアレイ1に搭載されている半導体レーザーエミッタ4の前方には、それぞれ、ファーストコリメートレンズ6が取付けられている。図6には、1個の半導体レーザーアレイ1と、それに搭載されているファーストコリメートレンズ6の側面図を示している。図6において、2は半導体レーザーアレイチップ、3はヒートシンク、12は半導体レーザーアレイチップ2から出たレーザービームである。

【0056】このファーストコリメートレンズ6により、ファーストアクシス方向に拡がっていくレーザービームを、概略平行ビームにすることができる。その結果、ファーストアクシス方向のビーム拡がり角（全角）は、35度から0.24度（4mrad）に改善される。一方、スローアクシス方向のビーム拡がり角（全角）は、10度、つまり175mradとなっている。

【0057】さらに、このファーストコリメートレンズ6の前方にはスローコリメートレンズ33が配設されている。このスローコリメートレンズ33の1例を図20を参照して説明する。なお、本図においては、スローアクシス方向のレーザービームの伝播を理解しやすくするために、ファーストコリメートレンズ6を省いている。

【0058】図20において、2は半導体レーザーアレイチップ、4は半導体レーザーエミッタ、33はスローコリメートレンズ（レーザービームのスローアクシス方向成分のレーザービーム拡がり角を低減するレンズをこのように称す。）である。半導体レーザーエミッタ4は200μmピッチで並べられており、その幅は100μm、そのビーム拡がり角（全角） θ_3 は175mradである。スローコリメートレンズ33は、半導体レーザーエミッタ4と同数のシリンドリカルレンズ33aで構成されている。各シリンドリカルレンズ33aの幅は200μmであり、そのピッチも200μmである。また各シリンドリカルレンズ33aは、対応する半導体レーザーエミッタ4の前方に設置されている。

【0059】半導体レーザーエミッタ4から出たレーザービームは、それに対応するシリンドリカルレンズ33aに入射し、ここを通過したときにレーザービーム拡がり角 θ_4 が、半導体レーザーエミッタ4から出た際のレーザービーム拡がり角 θ_3 の1/2、すなわち87.5mradとなる。

【0060】なお本実施例では、各半導体レーザーアレイチップ2に対して、それぞれスローコリメートレンズ33が必要であるが、半導体レーザーアレイチップ2を積層して半導体レーザースタック5を形成するとき、各半導体レーザーアレイチップ2の半導体レーザーエミッタ4の位置をすべてファーストアクシス方向に1直線上に揃えるようにすれば、この半導体レーザーアレイスタック5に対し、1個のスローコリメートレンズ33ですませることができる。

【0061】次に、ファーストアクシス方向レーザービームを、縮小シリンドリカルコリメータ7a・7bにより、1/3に縮小すると、その拡がり角（全角）は3倍、つまり、12mradとなる。一方、レーザービーム径は1/3、つまり13.33mmとなる。

【0062】スローアクシス方向レーザービームについては、第1拡大シリンドリカルコリメータ8a・8bにより、2.5倍に拡大すると、その拡がり角（全角）は1/2.5倍、つまり35mradとなる。一方、レー

ザービーム径は 2.5 倍、つまり 25 mm となる。

【0063】次に、これらの光学系を通ってきたレーザービームに対して、スローアキシス方向に、そのレーザービームを複数個（例えば、10 個）に分割する。更に分割された各々のレーザービームを 90 度回転させる。このようにレーザービームを分割し、かつ、分割された各々のレーザービームを 90 度回転させる機能を有する部材として、第 1 実施例において詳述したマルチビームサーキュレータ 9 を用いている。そしてマクロ的にみると、このマルチビームサーキュレータ 9 により、ファーストアキシスとスローアキシスのレーザービームの拡がり角が入れ替わる。

【0064】そのため、マルチビームサーキュレータ 9 を通ってきたレーザービームのファーストアキシス方向のビーム径は 13.33 mm、拡がり角は 35 mrad となり、スローアキシス方向のビーム径は 25 mm、拡がり角は 12 mrad となる。

【0065】次に、ファーストアキシス方向の第 2 拡大シリンダリカルコリメータ 10 a・10 b により、レーザービームはファーストアキシス方向にだけ、3 倍に拡大される。そのため、ファーストアキシス方向のビーム径は 40 mm、拡がり角は 12 mrad となる。

【0066】そして、最後に、集光レンズ 11 により、レーザービームが集光される。例えば、集光レンズ 11 の焦点距離が 50 mm のとき、集光スポット径は、0.6 mm×0.6 mm となる。

【0067】このように、本発明によると、集光スポット径は、0.6 mm×0.6 mm といった対称的なスポット径を得ることができる。更には、径 0.6 mm という大きさまで、集光することができる。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体レーザー加工装置および半導体レーザー加工方法によれば、コンパクトな光学系を用いながら、幾何学的に対称的でかつ微小なスポット径のスポットにレーザービームを集光することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】半導体レーザーアレイの斜視図。

【図 2】半導体レーザーアレイスタックの斜視図。

【図 3】コリメートレンズを付けた半導体レーザーアレイスタックを示し、(a) はその斜視図、(b) は原理図。

【図 4】本発明の第 1 実施例における集光光学系のファーストアキシス方向の断面図。

【図 5】本発明の第 1 実施例における集光光学系のスローアキシス方向の断面図。

【図 6】ファーストコリメートレンズを付けた半導体レーザーアレイの断面図。

【図 7】プリズムの側面図。

【図 8】プリズムの上面図。

【図 9】プリズムの側面図。

【図 10】180 度回転するレーザービームの説明図。

【図 11】90 度回転するレーザービームの説明図。

【図 12】マルチプリズムの原理を示し、(a) は側面図、(b) は変換前後のレーザービーム像を原理的に示す図。

【図 13】本発明の第 2 実施例におけるマルチカライドスコープによる集光光学系のファーストアキシス方向の断面図。

【図 14】本発明の第 2 実施例におけるマルチカライドスコープによる集光光学系のスローアキシス方向の断面図。

【図 15】マルチカライドスコープの断面図。

【図 16】ファーストアキシスレーザービームとマルチカライドスコープの断面図。

【図 17】スローアキシスレーザービームとマルチカライドスコープの断面図。

【図 18】本発明の第 3 実施例における集光光学系のファーストアキシス方向の概略図。

【図 19】その集光光学系のスローアキシス方向の概略図。

【図 20】スローコリメートレンズと半導体レーザーアレイとの関係を示す図。

【符号の説明】

1 半導体レーザーアレイ

2 半導体レーザーアレイチップ

3 ヒートシンク

4 半導体レーザーエミッタ

5 半導体レーザーアレイスタック

6 コリメートレンズ（ファーストコリメートレンズ）

7 a・7 b 縮小シリンダリカルコリメータ

8 a・8 b 第 1 拡大シリンダリカルコリメータ

9 マルチビームサーキュレータ

10 a・10 b 第 2 拡大シリンダリカルコリメータ

11 集光レンズ

14 プリズム

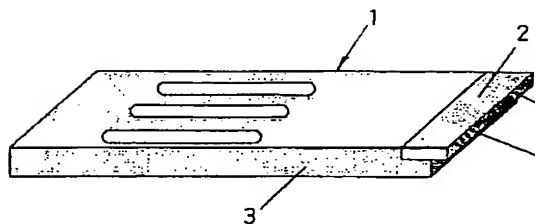
18 マルチプリズム

19 マルチカライドスコープ

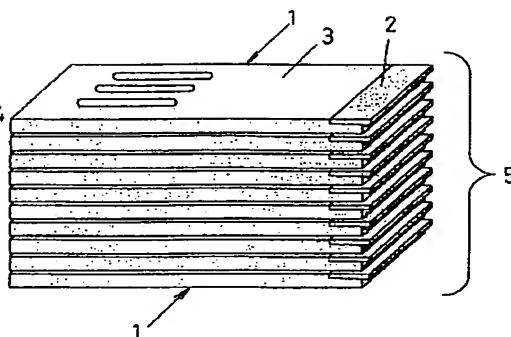
20 ガラス基板

33 スローコリメートレンズ

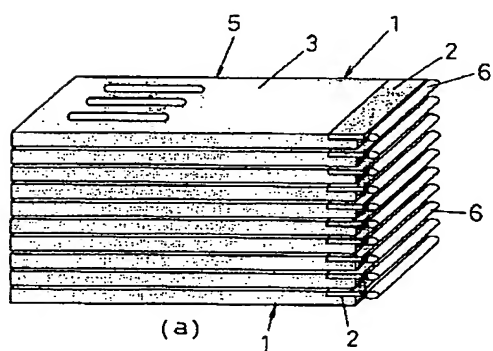
【図 1】



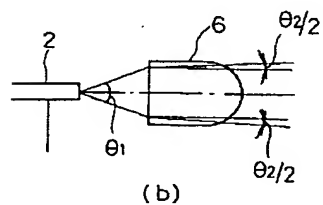
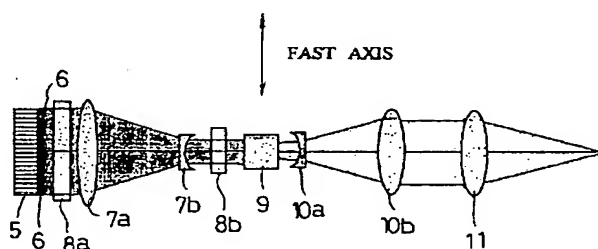
【図 2】



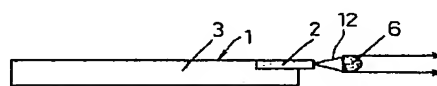
【図 3】



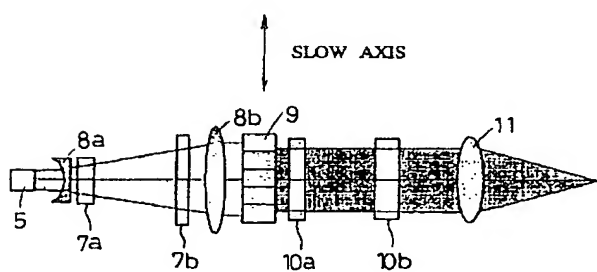
【図 4】



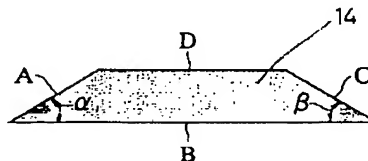
【図 6】



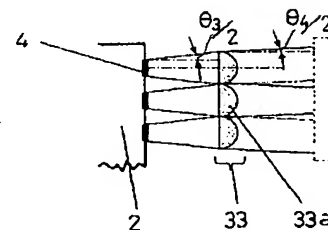
【図 5】



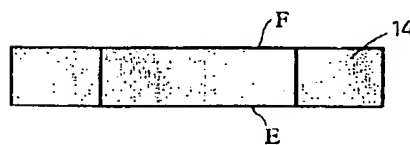
【図 7】



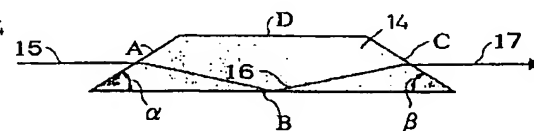
【図 20】



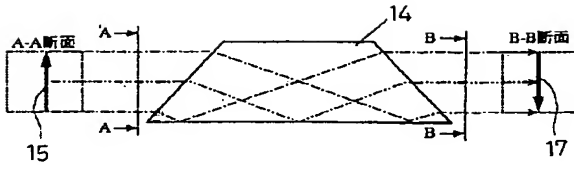
【図 8】



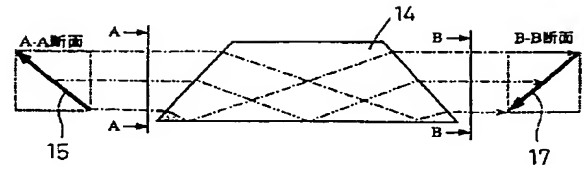
【図 9】



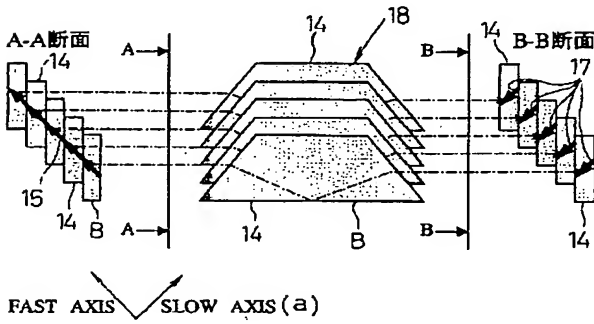
【図 10】



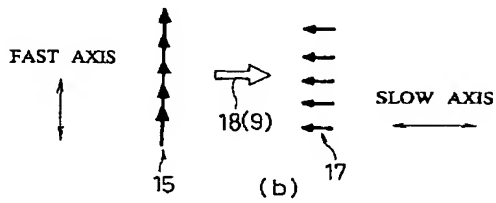
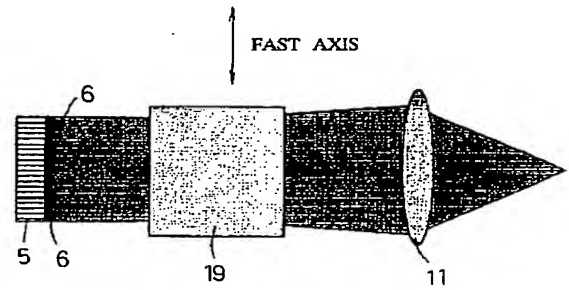
【図 11】



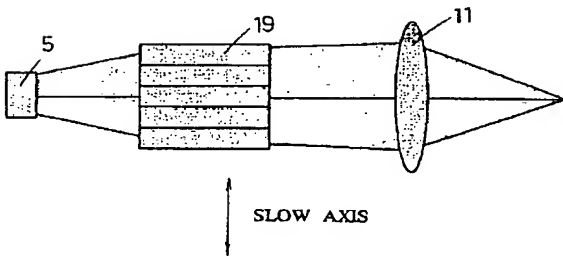
【図 12】



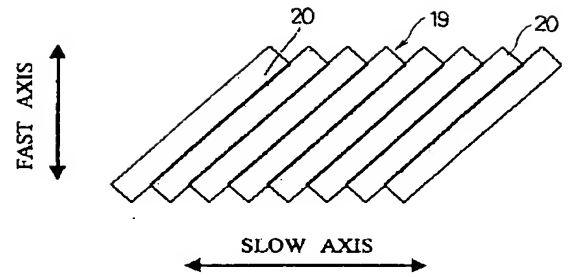
【図 13】



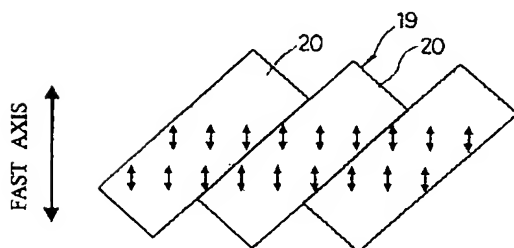
【図 14】



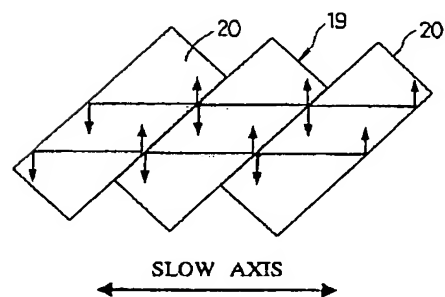
【図 15】



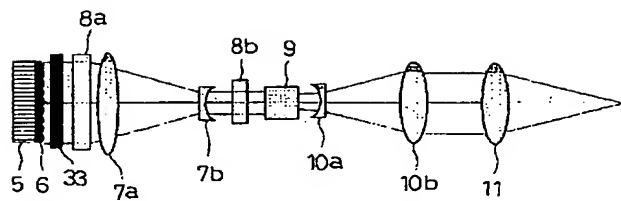
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【図 19】

